

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕТАЛУРГІЇ
КАФЕДРА ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

ЗАТВЕРДЖУЮ



Декан факультету металургії

В.Р. Румянцев

(ініціали та прізвище)

» 02 2019 р.

Теорія пластичного деформування твердих тіл
(назва навчальної дисципліни)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки Бакалаврський

(назва освітнього ступеня)

спеціальності 136 «Металургія»

(шифр, назва спеціальності)

спеціалізації / предметної спеціальності

(якщо є)

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма Металургія

(назва)

Укладач: Белоконь Ю. О., канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обробки металів тиском
(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри обробки металів
тиском

Протокол № 2 від «19» лютого 2019 р.
Завідувач кафедри обробки металів тиском

(підпис)

О. В. Явтушенко

(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
факультету металургії

Протокол № 2 від «20» лютого 2019 р.
Голова науково-методичної ради
факультету металургії

(підпис)

К. В. Таратута

(ініціали, прізвище)

2019 рік

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрямок підготовки, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 13 «Механічна інженерія»	За вибором	
Розділів – 4	Спеціальність 136 «Металургія»	Цикл дисциплін природничо-наукової (фундаментальної) підготовки	
Загальна кількість годин – 120		Рік підготовки:	
		4-й	4-й
		Лекції	
		24 год.	8 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: 8,57 аудиторних – 2,57 самостійної роботи студента – 5	Освітньо-професійна програма <u>Металургія</u>	Практичні	
		12 год.	4 год.
		Лабораторні	
		-	-
	Рівень вищої освіти: бакалаврський	Самостійна робота	
		84 год.	108 год.
		Вид підсумкового контролю: екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни «Теорія пластичного деформування твердих тіл» навчити студентів основним положенням механіки пластичного деформування твердих тіл.

Завданням дисципліни є оволодіння знаннями з теорії пластичного деформування, методики розрахунку зусилля та роботи для здійснення формозмінення металу для отримання найкращих.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- характеристики напружено-деформованого стану тіла;
- вплив пластичної деформації на механічні властивості металів;
- причини виникнення та способи дослідження нерівномірності деформації;
- вплив різних факторів на пластичність та опір деформації металу.

вміти:

- розраховувати величину напружень, які виникають на поверхні контакту металу з інструментом та всередині деформуючого тіла;
- розраховувати показники деформації та складати механічну схему деформації;
- розраховувати силу та роботу пластичного деформування;
- досліджувати плин металу в осередку деформації та умов, при яких відбувається його руйнування.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

К 16. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення проблем металургії;

К 17. Здатність вирішувати типові інженерні завдання відповідно до спеціалізації.

Міждисциплінарні зв'язки.

Навчальна дисципліна «Теорія пластичного деформування твердих тіл» продовжує професійну і практичну підготовку студента і базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін «Обробка металів тиском», «Матеріалознавство».

Вивчення дисципліни «Теорія пластичного деформування твердих тіл» розширює можливості студентів при виконанні дипломної роботи бакалавра. Отримані знання можуть бути корисними для подальшого навчання за дисциплінами «Теорія прокатки», «Прокатка сортового металу», «Прокатка плоского прокату», «Обладнання прокатних цехів».

3. Програма навчальної дисципліни

Розділ 1. Напружений стан тіла

Тема 1. Напруження та компоненти напруження

Сили і напруження. Напруження в даній точці тіла. Напружений стан. Нормальні і дотичні напруження. Повне напруження. Компоненти напруження. Система індексації напружень. Тензор напружень.

Тема 2. Характеристика напруженого стану.

Головні осі. Головні нормальні напруження. Інваріанти тензора напруження. Інтенсивність напружень. Схема головних напружень. Напруження на похилих площадках. Шаровий тензор. Девіатор напружень.

Тема 3. Дотичні напруження.

Головні дотичні напруження. Положення площин максимальних дотичних напружень. Октloedричні напруження. Круг Мора. Характерні площадки напружень.

Розділ 2. Деформований стан тіла

Тема 4. Пружність і пластична деформація.

Поняття деформації. Пружність деформація. Пластична деформація. Лінійна деформація. Показники деформації. Умовна деформація. Дійсна деформація. Умови сталості об'єму при пластичній деформації.

Тема 5. Деформація та компоненти деформації.

Тензор деформації. Компоненти деформації. Інваріанти тензора деформації. Механічні схеми деформації. Деформації на октаедричних площадках. Інтенсивність деформації. Швидкість деформації. Головні деформації.

Тема 6. Характеристика деформованого стану.

Малі деформації. Великі деформації. Зміщений об'єм металу. Плоский деформований стан. Об'ємний деформований стан.

Розділ 3. Умови текучості металу

Тема 7. Умови пластичності.

Зв'язок між напруженням і деформацією. Узагальнений закон пружності. Рівняння пластичності. Спрощений вид рівняння пластичності. Коефіцієнт Лоде. Умови сталості максимальних дотичних напружень.

Тема 8. Енергетичні критерії пластичності.

Діаграма розтягування циліндричного зразка. Границя текучості металу. Умови пластичності. Рівняння Мізеса. Рівняння Треска-Сен-Венана. Рівняння Губера. Порівняння критеріїв пластичності.

Тема 9. Пластичні властивості металу і зусилля при деформації.

Пластичні властивості металу. Випробування на пластичність. Показники пластичності. Вплив хімічного складу металу на пластичність. Вплив температури і швидкості деформації на пластичність. Зусилля при деформації.

Розділ 4. Методи визначення деформуючих зусиль і деформацій

Тема 10. Тиск оброблюваного металу на інструмент і робота деформації.

Середній контактний тиск. Сила деформації. Розрахунок робочих напружень спільними рішенням рівнянь рівноваги і рівнянь пластичності. Метод ліній ковзання. Сітка ліній ковзання та траєкторії головних нормальних напружень. Питома робота деформації.

Тема 11. Аналітичні методи розрахунку зусиль і деформацій

Загальні положення. Рішення диференціальних рівнянь рівноваги разом з рівняннями пластичності. Метод ліній ковзання і характеристик. Метод рішення приблизних рівнянь рівноваги і рівнянь пластичності. Метод роботи. Варіаційний метод. Метод опору металу пластичній деформації

Тема 12. Експериментальні методи визначення зусиль і деформацій

Загальні положення. Визначення повного зусилля. Визначення нормальних і дотичних напружень тертя на контактній поверхні. Визначення деформації і

напруження в об'ємі тіла. Основи моделювання процесів обробки металів тиском. Закон подібності.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усь го	у тому числі					усь го	у тому числі				
		л	п	лаб	ін д	с. р.		л	п	лаб	інд	с. р.
Модуль 1												
Розділ 1 – Напружений стан тіла												
Тема 1.	10	2				8	10	1				9
Тема 2.	10	2	2			6	10	1	2			7
Тема 3.	10	2	2			6	10					10
Усього годин	30	6	4			20	30	2	2			26
Розділ 2 – Деформований стан тіла												
Тема 4.	10	2				8	10	1				9
Тема 5.	10	2				8	10	1				9
Тема 6.	10	2	2			6	10					10
Усього годин	30	6	2			22	30	2				28
Модуль 2												
Розділ 3 – Умови текучості металу												
Тема 7.	10	2	2			6	10	1	2			7
Тема 8.	10	2				8	10	1				9
Тема 9.	10	2	2			8	10					10
Усього годин	30	8	2			20	30	2	2			26
Розділ 4 – Методи визначення деформуючих зусиль і деформацій												
Тема 10.	10	2				8	10	1				9
Тема 11.	10	2				8	10	1				9
Тема 12.	10	2	2			6	10					10
Усього годин	30	6	4			22	30	2				28
ІНДЗ	-	-	-			-	-					
Усього годин	120	24	12			84	120	8	4			108

5. Темі лекційних занять

№ теми з/прогр.	Назва теми	Кількість годин	
		д.ф.	з.ф.
1	Напруження та компоненти напруження	2	1
2	Характеристика напруженого стану	2	1
3	Дотичні напруження	2	-
4	Пружня і пластична деформація	2	1
5	Деформація та компоненти деформації	2	1
6	Характеристика деформованого стану	2	-
7	Умови пластичності	2	1
8	Енергетичні критерії пластичності	2	1
9	Пластичні властивості металу і зусилля при деформації.	2	-

10	Тиск оброблюваного металу на інструмент і робота деформації	2	1
11	Аналітичні методи розрахунку зусиль і деформацій	2	1
12	Експериментальні методи визначення зусиль і деформацій	2	-
Разом		24	8

6. Теми практичних занять

№ теми з/прогр.	Назва теми	Кількість годин	
		д.ф.	з.ф.
2	ПР 1. Визначення величини та напрямку головних напружень	2	2
3	ПР 2. Визначення напруженого стану деталі	2	-
6	ПР 3. Визначення розмірів і деформації плити	2	-
7	ПР 4. Розрахунок напруження течії при гарячій деформації металу	2	2
9	ПР 5. Розрахунок напруження течії металу при холодній деформації	2	-
12	ПР 6. Розрахунок деформуючих зусиль при холодній деформації	2	-
Разом		12	4

7. Самостійна робота

№ теми з/прогр.	Назва теми	Кількість годин	
		д.ф.	з.ф.
1	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 1.	4	2
2	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 2, підготовка до виконання та захисту ПР1.	4	4
3	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 3, підготовка до виконання та захисту ПР2.	4	4
1-3	Вивчення теоретичного матеріалу розділу «Напружений стан тіла»	5	8
1-3	Підготовка до тестування.	3	8
4	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 4.	5	4
5	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 5.	5	4
6	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 6, підготовка до виконання та захисту ПР3.	4	4
4-6	Вивчення теоретичного матеріалу розділу «Деформований стан тіла»	5	8
4-6	Підготовка до тестування.	3	8
7	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 7, підготовка до виконання та захисту ПР4.	4	2
8	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 8.	4	4
9	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 9, підготовка до виконання та захисту ПР5.	4	4
7-9	Вивчення теоретичного матеріалу розділу «Умови текучості металу»	5	8
7-9	Підготовка до тестування.	3	8
10	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 10.	5	4
11	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 11.	5	4

12	Опрацювання теоретичного матеріалу Темі 12, підготовка до виконання та захисту ПР6.	4	4
10-12	Вивчення теоретичного матеріалу розділу «Методи визначення деформуючих зусиль і деформацій»	5	8
10-12	Підготовка до тестування.	3	8
Разом		84	108

8. Види контролю і система накопичення балів

Поточний контроль здійснюється за тестовою методикою з отриманням бальних оцінок, які характеризують рівень засвоєння студентами теоретичного матеріалу, та бальною оцінкою якості виконання лабораторних робіт. Передбачено, що для модулів 1-2 значення максимальної рейтингової оцінки складає 60 балів. Підсумкова атестація – 40 балів. Навчальним планом підготовки з дисципліни «Виробництво прокату» передбачена така форма проведення підсумкового контролю як залік. Сумарний рейтинговий бал за період вивчення дисципліни «Теорія пластичного деформування твердих тіл» у 6-му (7-му для заоч.ф.) семестрі складає 100 балів.

Розподіл балів, які отримують студенти

Назва теми	Кількість балів
Модуль 1	
<i>Практичне заняття 1.</i> Визначення величини та напрямку головних напружень (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 2.</i> Визначення напруженого стану деталі (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 3.</i> Визначення розмірів і деформації плити (індивідуальне опитування).	5
Поточне тестування	15
Загальна кількість балів за розділом 1	30
Модуль 2	
<i>Практичне заняття 4.</i> Розрахунок напруження течії при гарячій деформації металу (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 5.</i> Розрахунок напруження течії металу при холодній деформації (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 6.</i> Розрахунок напруження течії металу при холодній деформації (індивідуальне опитування).	5
Поточне тестування	15
Загальна кількість балів за розділом 2	30
Всього за поточний контроль	60
Підсумковий контроль (тестування)	40
Разом	100

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ СТУДЕНТІВ НА ЛАБОРАТОРНИХ РОБОТАХ

Критерії комплексного оцінювання доводяться до студентів на початку викладання навчальної дисципліни.

За темою дисципліни бали отримуються за виконання практичних завдань та лабораторних робіт за підсумками індивідуального опитування. За індивідуальне опитування бали нараховуються за такою схемою:

5 балів – відповідь відзначається повнотою без допомоги викладача. Студент володіє узагальненими знаннями з предмета, аргументовано використовує їх, вміє застосовувати вивчений матеріал для внесення власних аргументованих суджень у

практичній діяльності. Студент має системні, дієві здібності у навчальній діяльності, користується широким арсеналом засобів доказу своєї думки, вирішує складні проблемні завдання, уміє ставити і розв'язувати проблеми.

4 бала – відповідь повна, без допомоги викладача, але з деякими огріхами. Студент вільно володіє вивченим матеріалом, зокрема, застосовує його на практиці, вміє аналізувати і систематизувати наукову й методичну інформацію. Використовує загальновідомі докази у власній аргументації, здатний до самостійного опрацювання навчального матеріалу, виконує дослідницькі завдання.

3 бала – відповідь неповна з допомогою викладача. Студент володіє вивченим матеріалом, зокрема, застосовує його на практиці, вміє аналізувати і систематизувати наукову й методичну інформацію. Використовує загальновідомі докази у власній аргументації, здатний до самостійного опрацювання навчального матеріалу, виконує дослідницькі завдання, але потребує консультації викладача.

2 бала – відповідь відзначається фрагментарністю виконання, за консультацією викладача або під його керівництвом. Студент володіє навчальним матеріалом, виявляє здатність елементарно викласти думку. Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, з допомогою викладача виконує елементарні завдання, здатний усно відтворити окремі частини теми, але відсутні сформовані уміння і навички.

1 бал – теоретичний зміст курсу засвоєно частково; необхідні практичні уміння роботи сформовані частково.

0 балів – теоретичний зміст курсу не засвоєно; необхідні практичні уміння роботи не сформовані.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ СТУДЕНТІВ НА ПОТОЧНОМУ ТЕСТУВАННІ

Поточний контроль знань студентів відбувається у вигляді тестування. Всього передбачено 2 теста. Максимальна оцінка, яку студент може отримати по результатах виконання кожного тестування складає 15 балів.

Кожний тест завдання складається з 10 тестових запитань та 1 задачі. Тестове питання містить 4 відповіді, одна з яких є правильною. За правильну відповідь на одне запитання студент отримує 1 бал. Таким чином, відповівши правильно на всі тестові запитання, студент може отримати 10 балів. Результат вирішення студентом задачі оцінюється так:

5 бали – студент правильно розв'язав задачу;

3-4 бали – студент розв'язав задачу з помилками, але зрозуміло, що він знає алгоритм вирішення задачі;

1-2 бали – студент правильно вписав формулу, за якою вирішується задача, та зробив спробу її вирішення, наприклад, виконав допоміжні розрахунки;

0 балів – студент не розв'язав задачу.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Максимальна оцінка, яку студент може отримати за виконання екзаменаційної роботи, складає 40 балів. Екзаменаційна робота містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється в 10 балів, та задачу, яка оцінюється в 20 балів.

Результат виконання студентом кожного теоретичного завдання оцінюється за такою шкалою:

10 балів – студент правильно відповів на теоретичне питання;

6 - 9 балів – студент дав не повну відповідь без суттєвих помилок, або з незначними помилками;

3 - 5 балів – студент отримує у випадку, якщо він відповідає не менше, ніж на 30 % питання, зокрема знає тільки визначення понять та в загальних рисах може відповісти на поставлене запитання;

1 - 2 бали – студент отримує у випадку, якщо він знає тільки визначення понять;

0 балів – студент не відповів на питання або дав не правильну відповідь.

Результат вирішення студентом задачі оцінюється так:

20 балів – студент правильно розв'язав задачу;

15 - 19 балів – студент розв'язав задачу з помилками, але зрозуміло, що він знає алгоритм вирішення задачі;

10 – 14 балів – студент розв'язав задачу з помилками, з яких зрозуміло, що він недостатньо знає алгоритм її розв'язку;

5 - 9 балів – студент правильно вписав формулу, за якою вирішується задача, та зробив спробу її вирішення, наприклад, виконав допоміжні розрахунки;

1 - 4 бали – студент правильно вписав формулу, за якою розв'язується задача;

0 балів – студент не розв'язав задачу.

ПЕРЕЛІК ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ ПИТАНЬ

1. Що таке тензор напружень? Які компоненти має тензор напружень?
2. З яких компонентів складається вектор напружень?
3. Що таке головні напруження?
4. Які інваріанти тензора напружень Вам відомі?
5. Які Ви знаєте складові тензора напружень? Що таке кульовий тензор? Що таке девіатор?
6. Що таке поле вектора швидкості? Що таке траєкторія матеріальної частки? Що таке стаціонарний та нестаціонарний плин?
7. Що таке тензор швидкості деформації? Які інваріанти тензора швидкості деформації Вам відомі?
8. Наведіть умову нестисливості при пластичній деформації. Наведіть умову сталості об'єму при пластичній деформації.
9. Що таке інтенсивність швидкості деформації зсуву? Що таке ступінь накопиченої деформації зсуву?
10. Що таке схема напруженого стану? Що таке схема деформованого стану? Наведіть можливі схеми напруженого та деформованого стану при пластичній деформації.
11. Що таке механічна схема деформації? Наведіть механічні схеми деформації основних видів обробки металів тиском.
12. Що таке технологічна нерівномірність деформації? Чого вона виникає?
13. Наведіть основні чинники, що впливають на нерівномірність у процесах обробки тиском.
14. Що таке додаткові напруження, які причини їх виникнення? Наведіть класифікацію додаткових напружень.
15. Які умови пластичності Вам відомі? Що таке границя текучості?
16. Які основні моделі деформованого середовища Ви знаєте? Що таке пружно-пластичне тіло? Що таке жорстко-пластичне тіло? Що таке зміцнюване тіло?
17. Наведіть основні показники міцності. Що вони характеризують? Дайте визначення межі плинності.
18. Як кількісно впливають основні фактори пластичної деформації (матеріал, температура, ступінь деформації, швидкість деформації) на показники міцності?
19. Наведіть основні показники пластичності. Що вони характеризують?
20. Як кількісно впливають основні фактори пластичної деформації (матеріал, температура, ступінь деформації, швидкість деформації) на показники пластичності?

Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою	
		ЕЕкзамен	ЗЗалік
A	90 – 100 (відмінно)	55 (відмінно)	ЗЗараховано
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов’язковим повторним курсом)		

9. Рекомендована література

Основна:

1. Николаев В.А. Теория пластического течения твердых тел : учеб. пособие. Запорожье : ЗГИА, 2003. – 185 с. – 9 прим. (н.т.л. – 7 прим., ч.з. №1 – 2 прим.).
2. Ніколаєв В.О. Теорія пластичного плину твердих тіл : метод. рекомендації до виконання практичних завдань, контрольних і самостійних робіт. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 24 с. – 2 прим. + ел. версія (віткз – 1 прим., ч.з. №1 – 1 прим.).
3. Жагров А. С., Коваленко А. К. Теорія пластичного плину твердих тіл : метод. вказівки до виконання лабораторних робіт. Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 49 с. – 22 прим. (взф – 1 прим., уч. аб. – 16 прим., ч.з. №1 – 5 прим.).

Додаткова:

1. Громов Н.П. Теория обработки металлов давлением. Москва : Металлургия, 1978. 360 с. – 6 прим. (уч. аб. – 4 прим., ч.з. №1 – 2 прим.)
2. Евстратов В. А. Теория обработки металлов давлением : сборник задач и упражнений : учеб. пособие для вузов. Харьков : Вища школа, 1984. 104 с. – 3 прим. (взф – 1 прим., н.т.л. – 2 прим.)
3. Серета Б.П., Белоконь Ю.О., Оніщенко А.М. Теорія обробки металів тиском : навч.-метод. посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 132 с. – 21 прим. (взф – 1 прим., н.т.л. – 3 прим., уч. аб. – 15 прим., ч.з. №1 – 2 прим.)
4. Данченко В.М., Грінкевич В.О., Головка О.М. Теорія процесів обробки металів тиском : підручник. Дніпропетровськ : Пороги, 2008. 370 с. ISBN 978-966-525-968-8.

Інформаційні ресурси:

Бібліотека Придніпровського наукового Семінару «Обробка металів тиском» при Національній металургійній академії України [Електронний ресурс] – підручники, навчальні посібники, наукові статті. – 2018. – Режим доступу: <http://metal-forming.org/index.php/elibrary-omd>. – Дата доступу: 26.02.2018. – Назва з екрана.

Погоджено
з навчальним відділом

« _____ » _____